

Diplomarbeit

Analyse und Bewertung von 3D-Versagenshypothesen für textile Faserverbundwerkstoffe

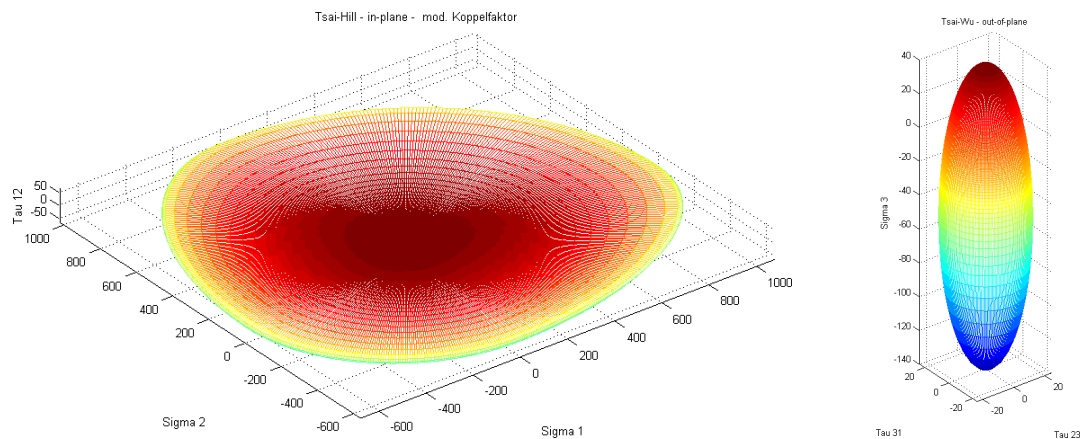


Abb.: Tsai-Hill Kriterium in den in-plane-Spannungen (links) und Tsai-Wu Kriterium in den out-of-plane-Spannungen (rechts)

Problemstellung

Faserverbundwerkstoffe mit Endlosfasern werden in der Regel aus mehreren unidirektional verstärkten Einzelschichten mit verschiedenen Faserorientierungen zu einem Laminat verarbeitet. Um das Einsatzgebiet von Faserverbundwerkstoffen zu erweitern, ist es nötig, die geringe Festigkeit der Lamine senkrecht zur Faserebene zu erhöhen. Textile Faserverbundwerkstoffe werden mit dem Matrix-Injektionsverfahren hergestellt. Die Fasern werden mittels eines Fadens vernäht und somit während des Herstellungsprozesses in Position gehalten. Durch den Faden wird das Material zusätzlich verstärkt. Um dieses Potential nutzen zu können, muss das makroskopische Festigkeitsverhalten solcher Lamine bewertet werden können. Heutige Versagenshypothesen sind jedoch für die Materialsymmetrie, wie sie textile Faserverbundwerkstoffe besitzen, nicht ausreichend validiert oder überhaupt nicht anwendbar.

Lösungsansatz

In der Diplomarbeit werden ausgesuchte Versagenshypothesen für Faserverbundwerkstoffe analysiert und bewertet. Hierzu werden zunächst Bedingungen an die Versagenshypothesen gestellt und diese dann anhand eines transversal isotropen Materials analysiert. Dabei werden die Bruchkörper in den in-plane- und out-of-plane-Spannungen mit MATLAB gezeichnet. Anschließend wird geklärt, welche Hypothesen bei orthotroper Materialsymmetrie anwendbar sind. Es folgt die Bewertung der

orthotropen Eigenschaften der Hypothesen. Hierzu werden die Bruchkörper der Hypothesen in denselben Spannungsräumen gezeichnet und verglichen. Die Verläufe der Bruchkörper werden bei den verschiedenen Spannungskombinationen dahingehend überprüft, ob sie physikalisch plausibel sind. Weitere Bewertungskriterien für die Hypothesen sind die Anwendbarkeit und der zu erwartende numerische Aufwand bei der Integration in ein FEM-Programm.

Ergebnisse

Die Frage nach einer am besten geeigneten Versagenshypothese lässt sich nicht eindeutig für alle Spannungszustände gleichermaßen beantworten. Somit ist auch eine Kombination verschiedener Hypothesen oder alternativ ein Maximalspannungsansatz für den praktischen Einsatz denkbar. Für den Fall der in-plane-Spannungen zeigt das oben links abgebildete Tsai-Hill-Kriterium und auch das Tsai-Wu-Kriterium die besten Werte. Andere Hypothesen erlauben bei verschiedenen Spannungskombinationen zu hohe oder zu niedrige Spannungen. Im Falle der out-of-plane-Spannungen bringt das oben rechts abgebildete Tsai-Wu-Kriterium oder auch das Hashin-Kriterium gute Ergebnisse hervor. Der Unterschied der verschiedenen Hypothesen ist allerdings nicht so gravierend wie bei den in-plane-Spannungen. Soll eine Hypothese für die Bewertung aller Spannungszustände verwendet werden, bietet sich das Tsai-Wu-Kriterium an. Zwar besitzt es physikalische Unzulänglichkeiten, dennoch bewertet es das Festigkeitsverhalten eines orthotropen Faserverbundwerkstoffs recht gut und ist auch einfach numerisch umzusetzen.

Literatur

- (1) Altenbach, H.: *Einführung in die Mechanik der Laminat- und Sandwichtragwerke: Modellierung und Berechnung von Balken und Platten aus Verbundwerkstoffen*. Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Stuttgart, 1996
- (2) Cuntze, R.: *Neue Bruchkriterien und Festigkeitsnachweise für unidirektionalen Faserkunststoffverbund unter mehrachsiger Beanspruchung - Modellbildung und Experimente*. VDI Verlag GmbH, Düsseldorf, 1997
- (3) Tsai, S. W.: *Theory of composites design*. Think Composites, Dayton, 1992

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Daniel Hartung
Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Böhlke

daniel.hartung@dlr.de
boehlke@itm-uni-karlsruhe.de